

15 Справочник по проектированию электроэнергетических систем. В. В. Ершевич, А. Н. Зейлигер, Г. А. Илларионов и др. Под ред. С. С. Рокотяна и И. М. Шапиро. 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.

16 Электрическая часть станций и подстанций: Учеб. для вузов/ А. А. Васильев, И. П. Крючков, Е. В. Наяшкова и др. Под ред. А. А. Васильева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990.

17 Нишневич В. И. Малая энергетика проектируется по-взрослому / В. И. Нишневич, А. Э. Вилинский // Академия Энергетики, 26, № 6, 2008 [Электронный ресурс]: Сайт журнала Академия Энергетики – Ст. Петербург, Редакция журнала Академия Энергетики [2008]. – Режим доступа: http://www.energoacademy.ru/ru/index.php?PAGE_CODE=MAGAZINE&PAGE_TYPE=M&article_id=179 – Последнее обращение: 31.06.2014. – Загл. с экрана.

РЕАЛІЗАЦІЯ КОГЕНЕРАЦІЇ З МЕТОЮ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЄЮ ВІДПОВІДАЛЬНИХ СПОЖИВАЧІВ МІСТА

¹*В. А. Маляренко, д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри електропостачання міст*

²*С. Ю. Андрєєв, канд. техн. наук, проф., генеральний директор КП «Харківські теплові мережі» ,*

¹*І. О. Темнохуд, асистент кафедри електропостачання міст*

¹*Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, 61002, Україна, м. Харків, вул. Революції 12.*

²*КП «Харківські теплові мережі»: 61037, Україна, м Харків, вул. Доброхотова, 11*

Впровадження когенераційних технологій підвищує надійність і стабільність енергопостачання споживачів в умовах мінливого ринку енергії. Реалізація принципів когенерації може здійснюватися як малими, так і досить великими частками – цим підтримується тісний взаємозв'язок між генерацією та споживанням енергії. Таким чином, забезпечуються всі енергетичні потреби, які завжди супроводжують економічне зростання.

Програма виробництва енергії: Використання енергоагрегатів передбачається протягом усього календарного року, тобто споживання генерованої електричної й теплової енергії відбувається постійно. На підставі паспортних даних одержуємо виробничий план, представлений у таблиці 1.1.

Склад штатного обладнання котельної станції: водогрійні котли ПТВМ100 - 8 шт. і ПТВМ180 - 1 шт., мережні насоси СЕ-1250-140 - 10 шт., потужність електричних двигунів - 630 кВт. Структура відпуску тепла споживачам: населення – 86,6 %, бюджет – 8,8 %, госпрозраху-

нок -4,6 %. Частка електроенергії в собівартості відпускнуго тепла - 9,7 %. Споживання котельнею електроенергії в зимовий період - 5,3 тис. кВт/г, у літній період - 1,5 тис. кВт/г.

Таблиця 1.1 — Програма виробництва

Найменування	Показник	
	На місяць	У рік
Кількість мотогодин (з урахуванням коефіцієнта потужності = 0,9)	652,5	8700
Виробництво електроенергії, тис.кВт*г	2656,25	31875
Виробництво теплової енергії, Гкал	1971,86	23662,3

З міркувань економічної ефективності встановлену потужність необхідно експлуатувати в плинні року з максимальним завантаженням. При мінімальному тепловому навантаженні в цьому випадку штатні водогрійні котли котельні виводяться з експлуатації, а в зимовий сезон збільшення споживаємої теплової потужності компенсується за рахунок введення в експлуатацію котлів.

Таким чином, найбільш ефективною є електрична потужність когенераційної установки - 4 МВт (два мотор-генератори по 2МВт кожний).

Основні технічні характеристики когенераційного обладнання фірми "Caterpillar"(США) (Таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 — Характеристики газового мотор-генератору.

Виробник	"Caterpillar" (США)
Марка двигуна	G3520C
Країна-виробник	США
Напруга генератору, кВ	10,5
ККД електричний, %	40,1
ККД тепловий, %	42,0
ККД загальний, %	82,1
Потужність 1-го ГДГ електрична, кВт	2016
Потужність 1-го ГДГ тепла, кВт	2144
Коефіцієнт використання потужності ГДГ	0,90
Вид палива	Природний газ
Расход газу, нм3/г	502,0
Питома витрата природного газу, м3/кВт*год	0,249
Питома витрата масла, г/кВт*год	0,3
Термін служби до капітального ремонту, годин	45000
Коефіцієнт вартості капітального ремонту	0,3
Ресурс до першого перебирання двигуна, годин	20000
Коефіцієнт вартості першого перебирання двигуна	0,05
Повний ресурс до списання, годин	200000
Термін амортизації, років	20

Містить "2" ступінь автоматизації яка передбачає: автоматичний пуск, включаючи пуск по зникненню (падінню) напруги в контрольно-

ваній мережі; автоматичне приймання навантаження; автоматичний контроль по параметрах - перегрів охолоджуючої рідини й масла, падіння тиску масла й рознос, а також індикацію стану й візуальний контроль параметрів агрегату.

Крім мотор-генератору, комплект КГУ включає: систему керування мотор-генератору; блок синхронізації із зовнішньою мережею; високовольтне обладнання; блок утилізації тепла; систему пуску двигуна; кабельно-провідникову продукцію; допоміжне обладнання (баки, насоси і т.д.); комплект запасних частин; комплект експлуатаційних документів.

Технологічний процес. Електрична енергія виробляється трифазним генератором, теплову енергію одержують шляхом охолодження двигуна внутрішнього згорання, і відбору тепла продуктів згорання. Виробництво обох видів енергії органічно взаємозалежне.

Електрична потужність. Одержувана номінальна електрична потужність на клеммах одного генератору становить 2016 кВт при наступних атмосферних умовах: температура навколишнього повітря 8...40°C; атмосферний тиск - 674...760 мм рт. ст.; відносна вологість - до 90%; висота над рівнем моря, не більш 1000 м;

Тип генератору - синхронний трифазний з незалежним порушенням і самовентиляцією. Виносний підшипник генератору обладнаний термометром з контактною системою для контролю температури й сигналізації про її перевищення.

Газовий двигун. Тип газового двигуна марки G3520 C. Робочий процес газового двигуна здійснюється по чотирьохтактному циклу. Газовий двигун двадцятициліндровий, V-образний, з іскровим запалюванням, рідинного охолодження. Технічні характеристики двигуна наведено в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 — Технічні характеристики газового двигуна CAT 3520 C

Найменування	Показник
Частота обертання, об/хв	1500
Номінальна електрична потужність, кВт	2016
Номінальна теплова потужність, кВт	2144
Одногодинне перевантаження, %	10
Витрата масла (на вигар), г/кВт*годину	0,3
Паливо	Природний газ по ДЕРЖСТАНДАРТ 5542-87
Витрата газу на номінальній потужності, м ³ /годину	502,0
Тиск газу на вході, кгс/см ²	0,1...0,4
Габаритні розміри двигуна, мм	
- довжина	6070
- ширина	1853
- висота	2248
Маса сухого двигуна, кг	18350

Шафа розподільного уст­ройства. Шафа розподільного уст­ройства призначена для комплектації із двома газовими електростанціями G3520 C і складається із двох з'єднаних між собою шаф - по одному на кожний агрегат. Шафи сталеві, обладнані дверима, що замикаються, з ущільненням. Забарвлення - порошкове, колір - сірий.

Шафа системи керування складається із двох відділень низьковольтного відсіку власне системи керування двигуна й відсіку силового вимикача із приводом для введення в паралельну роботу. Шафа виконана в напольному виконанні.

Низьковольтний відсік містить у собі також ланцюги керування навантаженням. Шафа керування призначена для використання із двома мотор-генераторними установками G3520 C потужністю по 2016 кВт кожна, напругою 10,5 kV і коэф. потужності $\cos\phi=0,9$. Система керування здійснює автоматичне введення кожного генератора в паралельну роботу на шину навантаження для використання кожного з них при спільній роботі з іншими.

Особливості шафи керування: виконання у відповідності зі стандартом NEMA 1 для використання усередині приміщень, двері шаф з ущільненням - верхня й нижня двері зачиняються зверху й знизу на 2 засувки, двері мають фіксатори, забарвлення шафи сірого кольору.

Система керування генераторною установкою

Відображення інформації. Постійно циклічно змінна інформація на рідкокристалічному дисплеї з підсвічуванням про напрацьовані моточаси двигуна, оберти двигуна, напругу акумуляторної батареї, тиск масла двигуна й температуру охолоджуючої рідини.

Захист. Зупинка двигуна при: перевищенні припустимих обертів, підвищенні температури двигуна, низькому тиску масла, детонації, при натисканні кнопки аварійної зупинки й інших за бажанням замовника (наприклад, при спрацьовуванні датчика загазованості приміщення станції або пожежної сигналізації). Кожна з перерахованих вище причин зупинки відображається на передній панелі. Попередження: за бажанням замовника.

Вимірювальні прилади ланцюга змінного струму. Вольтметр по трьом фазам. Рідкокристалічний дисплей з підсвічуванням для виводу показань амперметра й частотоміра із кнопкою вибору фази. Точність вимірів 0.5%.

Керування. Автоматичний пуск із програмно змінними значеннями тривалості включеного стану стартера, часу між запусками, контролю над успішністю запуску й часу роботи двигуна на холостому ході для охолодження при вимиканні після роботи під навантаженням.

Програмування й діагностика. Система керування передбачає можливість програмної зміни контрольних параметрів двигуна й відображення змінних, самодіагностики системи, а також підключення датчиків і з'єднань.

Кнопка аварійної зупинки. Грибоподібна кнопка червоного кольору з фіксацією в натиснутому положенні. При натисканні двигун зупиняється й головний вимикач розмикається. У натиснутому положенні блокує запуск двигуна.

Автоматичне введення в паралель. Містить у собі захист від зворотної потужності, ланцюги автоматичної синхронізації, лампи синхроноскопа, і вимикач. При зворотній потужності головний вимикач розмикається й двигун зупиняється.

Помилка вводу в паралель. Програмувальний таймер контролю часу вводу в паралель зупиняє двигун, якщо головний вимикач генератора не замкнув після закінчення заданого часу.

Перевищення напруги. Захисне реле від перевищення напруги (ANSI - 59) однофазне напівпровідникове реле, жорстко змонтоване, зі змінними параметрами напруги спрацьовування й затримки часу. Спрацьовування реле приводить до розмикання головного вимикача генератору й зупинки двигуна. Спрацьовування захисного реле відображається миготливою лампою й звуковим сигналом.

Перевищення припустимого струму. Захисне реле від перевищення припустимого струму (ANSI - 50/51) Спрацьовування реле приводить до розмикання головного вимикача генератору й переводить двигун у режим охолодження на холостому ходу з подальшою зупинкою. Реле напівпровідникове, виймається з кожуха. Із змінними параметрами струму, відсічення й спрацьовування із затримкою часу. Спрацьовування захисного реле відображається випадним блінкером і звуковим сигналом.

Перемикач керування головним вимикачем. Перемикач підвищеної надійності на три положення з фіксацією в середньому положенні, з миттєвим замиканням контактів у положенні включення й вимикання головного вимикача й ковзаючими контактами для автоматичного замикання. Рукоятка може фіксуватися в положенні блокування замикання головного вимикача. Для індикації положення головного вимикача використовуються відповідні індикаторні лампи.

Електронний регулятор швидкості й пов'язані з ним ланцюги. Регулятор і блок розподілу навантаження генераторів установлені в шафі керування. Є потенціометр регулювання швидкості, перемикач «Нормальні/Знижені» оберти двигуна, і перемикач режимів роботи двигуна

залежно від росту навантаження - «Ізохронний Режим/Статика швидкості».

Регулятор напруги Регулятор напруги, призначений для роботи з генератором Caterpillar SR4B установлюється в шафі керування й має на передніх дверцятах шафи потенціометр підстроювання напруги.

Шини. Шини для трьох фаз, плюс нейтраль, розраховані на повне навантаження, виконані з посрібленої міді з отворами для підключення кабелів навантаження й кабелів генератору по стандарту NEMA. Шини розраховані на повне навантаження генератору з коефіцієнтом потужності 0,8. Є посріблена мідна шина заземлення [1-9].

Використані джерела

1 В.А. Маляренко., М.С.Золотов. Технический отчет по энергетическому обследованию КП «Харьковские тепловые сети» для обоснования двухставочного тарифа на тепловую энергию //Харьков 2002 г.

2 Когенерационные технологии в энергетике на основе применения паровых турбин малой мощности / А.Л. Шубенко, В.А. Маляренко, А.В. Сенецкий, Н.Ю. Бабак // НАН Украины, Институт проблем машиностроения. – Харьков, 2014. – 320 с

3 Клименко А.П., Петрушенко А.А. Термодинамические свойства легких углеводородов парафинового ряда.- К.: Изд-во АН УССР. Ин-т использования газа, 1969.- кн. 8.- 96 с. (Тр. АН УССР).

4 Дубовкин Н.Ф. Справочник по углеводородным топливам и их продуктам сгорания.- М.-Л.: Госэнерго-издат, 1962.- 288 с.

5 Вассерман О.А., Фомінський Д.В. Термодинамічні властивості альтернативних холодоагентів R32 і 125 / Под ред. О.А. Вассермана.- Одесса, 2002.-256 с.

6 Ольшанский А. И. Основы энергосбережения: курс лекций / А. И. Ольшанский, В. И. Ольшанский, Н. В. Беляков; УО «ВГТУ».–Витебск, 2007. – 223 с.

7 Фомин В.А. Перспективы применения энергетических установок с низкотемпературными рабочими телами <http://www.comtec-energyservice.ru>.– Санкт-Петербург: КОМТЕК – энергосервис.

8 С.Д. Корнеев, Л.А. Марюшин. Теоретические основы теплотехники. Конструирование и расчет рекуперативного теплообменника. Методические указания к выполнению курсовой работы.—М.: МГИУ, 2010.

9 Технічний звіт 1. Оцінка потенціалу та можливостей інтеграції когенераційних технологій в Малу енергетику України. Аналіз структури підприємства, енергетичного обладнання, експлуатаційних режимів, енергоефективності КП «Харківські теплові мережі» 80ст. (Дослідження можливості застосування та вибір найбільш енергоефективних когенераційних технологій на районних котельнях комунального підприємства «Харківські теплові мережі» на підставі техніко-економічних обґрунтувань» Договір №2702/14 дата 02.06.14.»)